



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 197 42 663 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶
B 65 D 88/74

②1 Aktenzeichen: 197 42 663.8
②2 Anmeldetag: 26. 9. 97
②3 Offenlegungstag: 18. 6. 98

DE 197 42 663 A 1

③0 Unionspriorität:
269650/96 11. 10. 96 JP

⑦1 Anmelder:
Aisan Kogyo K.K., Obu, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:
Barske, H., Dipl.-Phys.Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 81245
München

⑦2 Erfinder:
Murai, Katsumi, Obu, Aichi, JP; Tateishi, Mamoru,
Obu, Aichi, JP; Ikeya, Masaki, Obu, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Steuervorrichtung für eine Pulverzufuhrvorrichtung

⑤7 Beschrieben wird die Pulverzufuhrvorrichtung, bei der das der Sollzufuhrmenge Q_T entsprechende Tastverhältnis X_T auf Basis der durch Kalibrieren der Zufuhrvorrichtung erhaltenen Kalibrierkurve berechnet wird, welche Kalibrierung vor dem Beginn der Pulverzufuhr durchgeführt wird, und die Zufuhr des Pulvers P beginnt entsprechend dem Tastverhältnis X_T , weshalb die aktuelle Zufuhrmenge innerhalb einer kurzen Zeitdauer (innerhalb der Zeitdauer T_1) vom Beginn der Pulverzufuhr an die Sollzufuhrmenge Q_T erreichen kann, und das Pulver P kann zugeführt werden, während die aktuelle Zufuhrmenge mit hoher Genauigkeit gesteuert wird, und weiter kann das Pulver P genau zugeführt werden, selbst in dem Fall einer kurzzeitigen Zufuhr von einigen Sekunden.

DE 197 42 663 A 1

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung zum Antreiben einer Pulverzufuhrvorrichtung, mittels der die Zufuhrmenge von Pulver innerhalb einer kurzen Zeitdauer nach dem Beginn der Pulverzufuhr genau steuerbar ist, und bezieht sich auf eine Pulverzufuhrvorrichtung, in die eine solche Steuervorrichtung eingebaut ist.

2. Beschreibung des Standes der Technik

Bekannt ist eine Pulverzufuhrvorrichtung, bei der ein Ultraschallmotor mit einem Ultraschallvibrator verwendet wird. Bei dem Ultraschallvibrator wird ein piezoelektrisches Element verwendet, das mechanisch verformt wird, wenn ihm elektrische Energie zugeführt wird. Die Pulverzufuhrvorrichtung führt das Pulver zu, indem der Ultraschallvibrator durch Anlegen einer Vibratorspannung mit einer Resonanzfrequenz angetrieben wird und eine mechanische Schwingung in dem Ultraschallvibrator mittels des piezoelektrischen Elements hervorgerufen wird. Das heißt, in der Pulverzufuhrvorrichtung wird eine elliptische Schwingung an dem oberen Ende des Vibrators hervorgerufen, wenn eine Wechselspannung mit der Resonanzfrequenz an dem Ultraschallmotor liegt, der derart aufgebaut ist, daß er gleichzeitig eine axiale Schwingung (Längsschwingung) und eine Biegeschwingung erzeugt. An dem oberen Ende des Vibrators ist ein Zufuhrrohr befestigt und das dem Zufuhrrohr zugeführte Pulver wird aufgrund der elliptischen Schwingung des Vibrators in eine bestimmte Richtung gefördert.

Die Fördermenge des Pulvers wird wie folgt gesteuert. Die Treiberspannung wird intermittierend an den Ultraschallmotor gelegt. Dabei wird die Ausgangsleistung der Treiberspannung an den Ultraschallmotor verändert, indem der Anteil der Treiberspannung an einem Zyklus (Tastverhältnis) verändert wird. Auf diese Weise wird die Zufuhrmenge des Pulvers gesteuert. Um eine solche Steuerung durchzuführen, wird beispielsweise der Ausgang einer Resonanzfrequenzoszillatorschaltung, die mit der Resonanzfrequenz schwingt, und der Ausgang einer Tastverhältnissteuerelementeinrichtung zum Verändern des Tastverhältnisses einer UND (Produkt) Schaltung zugeführt, um das Produkt zu erzeugen, und der Produktausgang wird verstärkt und dem Vibrator zugeführt.

Weiter wird in der Pulverzufuhrvorrichtung eine Rückkopplungssteuerung bzw. Regelung durchgeführt, indem das in Fig. 5 dargestellte Steuersystem verwendet wird, um die Genauigkeit der Zufuhrmengensteuerung des Pulvers zu verbessern. Bei dem Steuersystem wird die Pulvermenge von einer Lastzelle bzw. Kraftmeßdose erfaßt, die als ein Lastsensor wirkt, und das Sensorausgangssignal wird in einem Meßdosenv Verstärker verstärkt. Das verstärkte Ausgangssignal wird auf einem A/D-Wandler rückgekoppelt; anschließend wird das Ausgangssignal von einem Mikrocomputersystem als Tastverhältnissteuereinrichtung durch den A/D-Wandler erfaßt. In dem Mikrocomputersystem wird ein Tastverhältnis-taktsignal aufgrund des verstärkten Ausgangssignals berechnet und eine Treiberschaltung empfängt das Tastverhältnis-taktsignal. Anschließend wird ein Treiberspannungssignal an den Ultraschallmotor gelegt, wodurch der Ultraschallmotor angetrieben wird. Da das Mikrocomputersystem, basierend auf dem Ausgangssignal von der Kraftmeßdose das optimale Tastverhältnis berechnet,

kann auf diese Weise die Zufuhrmenge an Pulver in geeigneter Weise gesteuert werden.

Obwohl die Rückkopplungssteuerung derart durchgeführt wird, daß die aktuelle Zufuhrmenge von Pulver mit der Sollzufuhrmenge übereinstimmt, besteht jedoch ein Problem darin, daß eine lange Zeitdauer benötigt wird, bis die aktuelle Zufuhrmenge die Sollzufuhrmenge wird. Beispielsweise, wie in Fig. 13 gezeigt, wird die Zeitdauer T_2 (einige Sekunden) einschließlich der Antwortzeit des Steuersystems benötigt, bis die aktuelle Zufuhrmenge vom Beginn der Pulverzufuhr aus die Sollzufuhrmenge Q_T wird. Daher wird die aktuelle Zufuhrmenge sehr instabil und auf diese Weise kann das Pulver nicht mit der Sollzufuhrmenge Q_T zugeführt werden, während vom Beginn der Pulverzufuhr aus einige Sekunden vergehen. Der Grund liegt darin, daß die Zufuhrsteuerung des Pulvers bis die Zufuhrmenge die Sollzufuhrmenge Q_T erreicht, durchgeführt wird, indem das Tastverhältnis jedesmal bei der Pulverzufuhr allmählich erhöht wird.

Zu Beginn der Pulverzufuhr weicht auf diese Weise die tatsächliche Zufuhrmenge deutlich von der Sollzufuhrmenge Q_T ab; als Folge kann das Pulver nicht in der vorbestimmten Menge präzise zugeführt werden. Aufgrund dieser Tatsache besteht während einer kurzen Zeitdauer, beispielsweise während einiger Sekunden vom Beginn der Pulverzufuhr an, ein großer Fehler zwischen der aktuellen Zufuhrmenge und der Sollzufuhrmenge Q_T , und es bleibt das Problem, daß das Pulver nicht genau mit einer vorbestimmten Menge zugeführt werden kann.

Da die Fluß- bzw. Strömungscharakteristik des Pulvers aufgrund von Schwankungen hinsichtlich der Eigenschaften oder Losen des Pulvers unterschiedlich sind, wird des weiteren die Zufuhrgenauigkeit des Pulvers von solchen Schwankungen stark beeinflusst. Um die Zufuhrgenauigkeit beizubehalten ist es daher notwendig, die Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung jedesmal durchzuführen, wenn sich die Eigenschaften oder Lose des Pulvers ändern, was sehr mühsam ist.

Zusammenfassung der Erfindung

Entsprechend liegt eine Aufgabe der Erfindung darin, die vorgenannten Probleme zu lösen und eine Steuervorrichtung zum Antrieb einer Pulverzufuhrvorrichtung zu schaffen, mittels der die Pulverzufuhrmenge innerhalb einer kurzen Zeitdauer vom Start der Pulverzufuhr an genau gesteuert werden kann, und mit der die Effizienz der Pulverzufuhr deutlich verbessert werden kann, und eine Pulverzufuhrvorrichtung zu schaffen, in die eine solche Steuervorrichtung eingebaut ist.

Um die vorstehenden Aufgaben zu lösen, schafft die Erfindung eine Steuervorrichtung für eine Pulverzufuhrvorrichtung, die enthält:
einen Vibrator mit einem oberen Ende, das mit elliptischer Bewegung schwingt, wenn eine Treiberspannung mit einer Resonanzfrequenz anliegt,
eine Pulverzufuhrbahn, die an dem oberen Ende des Vibrators befestigt ist,
einen Pulverspeichertrichter zum Zuführen des Pulvers zu der Pulverzufuhrbahn,
eine Anlegeeinrichtung zum Anlegen der Resonanzfrequenz an den Vibrator entsprechend einem Tastverhältnis,
eine Gewichtssensoreinrichtung zum Erfassen des Gewichtes des Pulvers in dem Pulverspeichertrichter, wobei die Steuervorrichtung enthält:
eine Zufuhrkalibriereinrichtung zum Durchführen einer Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung bzw. Zufuhrkalibrierung, bevor die Pulverzufuhrvorrichtung verwendet wird;

eine Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung zum Erzeugen einer Kalibrierkurve, auf der Zufuhrkalibrierung basierenden Kalibrierkurve, und zum Speichern der Kalibrierkurve; eine Tastverhältnisberechnungseinrichtung zum Berechnen des Tastverhältnisses entsprechend einer voreingestellten Sollzufuhrmenge, basierend auf der von der Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung erzeugten Kalibrierkurve; und ein Antriebseinrichtung zum Starten des Antriebs des Vibrators, basierend auf dem von der Tastverhältnisberechnungseinrichtung berechneten Tastverhältnis, bis eine Zufuhrmenge des Pulver die Sollzufuhrmenge erreicht.

In der im Anspruch 1 beanspruchten Steuervorrichtung oszilliert der Vibrator mit elliptischer Bewegung, wenn die Treiberspannung an dem Vibrator liegt, wodurch die an dem oberen Ende des Vibrators befestigte Pulverzufuhrbahn ähnlich dem Vibrator mit elliptischer Bewegung oszilliert. Dabei erfährt das aus dem Pulverspeichertrichter der Pulverzufuhrbahn zugeführte Pulver eine Beschleunigung in waagrechtlicher Richtung (in der Richtung senkrecht zur Längsschwingung des Vibrators und in der Richtung parallel zur Biegeschwingungsrichtung des Vibrators) und wird bewegt. Auf diese Weise wird das Pulver zugeführt.

Da die Treiberspannung an dem Vibrator liegt, während eine AN/AUS-Steuerung der Treiberspannung durchgeführt wird, wird dabei das Pulver während einer Periode zugeführt, in der der Vibrator angetrieben ist. Dagegen wird das Pulver während die Treiberspannung nicht an dem Vibrator liegt, nicht zugeführt, da das obere Ende des Vibrators nicht mit elliptischer Bewegung oszilliert.

Weiter wird das Tastverhältnis entsprechend der Sollzufuhrmenge von der Tastverhältnisberechnungseinrichtung auf Basis der Kalibrierkurve berechnet, die in der Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung erzeugt und gespeichert wird, und die Antriebseinrichtung startet den Antrieb des Vibrators, basierend auf dem berechneten Tastverhältnis, bis die Pulverzufuhrmenge die Sollzufuhrmenge erreicht. Dadurch kann das Pulver mit hoher Genauigkeit zugeführt werden, so daß die Zufuhrmenge innerhalb einer Sekunden unmittelbar gleich der Sollzufuhrmenge wird.

Weiter schafft die Erfindung eine Steuervorrichtung für eine Pulverzufuhrvorrichtung, die enthält einen Vibrator mit einem oberen Ende, das mit elliptischer Bewegung oszilliert, wenn eine Treiberspannung mit einer Resonanzfrequenz anliegt, eine Pulverzufuhrbahn, die an dem oberen Ende des Vibrators befestigt ist, einen Pulverspeichertrichter zum Zuführen des Pulvers zur Pulverzufuhrbahn, eine Anlegeeinrichtung zum Anlegen der Resonanzfrequenz an den Vibrator entsprechend einem Tastverhältnis, und eine Gewichtssensoreinrichtung zum Erfassen eines Gewichts des Pulvers in dem Pulverspeichertrichter, wobei die Steuervorrichtung die Pulverzufuhrvorrichtung in einem anfänglichen Zufuhrsteuerbereich und nach dem anfänglichen Steuerbereich in einem Rückkopplungssteuerbereich steuert und die Steuervorrichtung enthält: eine Zufuhrkalibriereinrichtung zum Durchführen einer Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung bzw. Zufuhrkalibrierung bevor die Pulverzufuhrvorrichtung verwendet wird; eine Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung zum Erzeugen einer Kalibrierkurve, basierend auf der Zufuhrkalibrierung, und zum Speichern der Kalibrierkurve; eine Meßeinrichtung zum Messen eines Konstantwertes einer Zufuhrmenge in dem Rückkopplungssteuerbereich bei der vorhergehenden Zufuhrzeit; eine Koeffizientberechnungseinrichtung zum Berechnen ei-

nes Revidierkoeffizienten durch Vergleichen des Konstantwertes mit einer Zufuhrmenge zur gegenwärtigen Zufuhrzeit;

eine Revidiereinrichtung zum Revidieren der Kalibrierkurve entsprechend dem Revidierkoeffizienten;

eine Tastverhältnisberechnungseinrichtung zum Berechnen des Tastverhältnisses entsprechend einer voreingestellten Sollzufuhrmenge, basierend auf der von der Revidiereinrichtung revidierten Kalibrierkurve; und

eine Antriebseinrichtung zum Starten des Antriebs des Vibrators, basierend auf dem von der Tastverhältnisberechnungseinrichtung berechneten Tastverhältnis, bis die Zufuhrmenge des Pulvers die Sollzufuhrmenge erreicht.

Bei dem in Anspruch 11 beanspruchten Steuervorrichtung wird die Kalibrierkurve von der Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung während der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erzeugt, und der Revidierkoeffizient wird auf Basis des Dauerwertes der Zufuhrmenge in dem Rückkopplungssteuerbereich bei der vorgehenden Zufuhrzeit berechnet; weiter wird die Kalibrierkurve entsprechend dem Revidierkoeffizienten revidiert. Weiter wird das Sollzufuhrmenge entsprechende Tastverhältnis auf Basis der revidierten Kalibrierkurve berechnet, und der Vibrator beginnt entsprechend dem berechneten Tastverhältnis angetrieben zu werden, wodurch die Pulverzufuhr beginnt. Auf diese Weise kann die aktuelle Zufuhrmenge an Pulver unmittelbar die Sollzufuhrmenge innerhalb einer Sekunden erreichen, und der Fehler zwischen der Zufuhrmenge und der Sollzufuhrmenge kann kleiner gemacht werden als der bei der vorgehenden Zufuhrzeit, da die Kalibrierkurve bei jeder Zufuhrzeit revidiert wird, wodurch das Pulver mit hoher Genauigkeit zugeführt werden kann.

Da die Kalibrierkurve bei jeder Zufuhrzeit revidiert wird, kann das weiteren die optimale Kalibrierkurve automatisch erreicht werden, selbst wenn die Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung nicht durchgeführt wird, wenn sich Eigenschaften oder Lose des Pulvers ändern, und da die Kalibrierkurve bei jeder Zufuhrzeit revidiert wird, kann die Zufuhreffizienz verbessert werden, während das Pulver mit hoher Genauigkeit zugeführt wird.

Die vorstehenden und weitere Aufgaben, Zwecke und neue Eigenschaften der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung genauer verständlich, wenn die Beschreibung zusammen mit den beigelegten Zeichnungen gelesen wird. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Zeichnungen nur zum Zwecke der Darstellung und nicht als eine Definition der Grenzen der Erfindung gedacht sind.

Kurzbeschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert, in denen darstellen:

Fig. 1 eine Ansicht, teilweise im Schnitt, die schematisch eine Pulverzufuhrvorrichtung entsprechend der ersten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 2 eine Kurve, die die Frequenzcharakteristik der Eingangsimpedanz eines Vibrators zeigt;

Fig. 3 eine schematische Ansicht des Vibrators, die die Schwingungszustände bei Antrieb mit der Resonanzfrequenz zeigt;

Fig. 4 eine schematische Ansicht des Vibrators, die die Schwingungszustände nach jeweils 1/4 Zyklus bei Antrieb mit der Resonanzfrequenz zeigt;

Fig. 5 ein Blockschaltbild des Systems der Pulverzufuhrvorrichtung;

Fig. 6 ein Flußdiagramm einer Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung;

Fig. 7 eine grafische Darstellung, die Kalibrierkurven

zeigt, die eine Beziehung zwischen der aktuellen Zufuhrmenge und dem Tastverhältnis darstellen, wobei die Kalibrierkurven durch Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erhalten sind;

Fig. 8 eine Kurve, die eine Gewichtskalibrierungslinie zeigt, die eine Beziehung zwischen dem Ausgangswert (Spannungswert) der Kraftmeßdose und dem Gewichtswert der Pulverzufuhrmenge darstellt;

Fig. 9 eine Kurve, die ein Zufuhrfeld des Pulvers zeigt;

Fig. 10 eine Kurve, die Zufuhrsteuerzustände in der Pulverzufuhrvorrichtung der ersten Ausführungsform zeigt, wobei

Fig. 10(a) einen Fall zeigt, bei dem das Tastverhältnis bei Zufuhrbeginn größer ist als das der Sollzufuhrmenge entsprechende Tastverhältnis,

Fig. 10(b) einen Fall zeigt, bei dem das Tastverhältnis bei Zufuhrbeginn kleiner ist als das der Sollzufuhrmenge entsprechende Tastverhältnis, und

Fig. 10(c) einen Fall zeigt, bei dem das Tastverhältnis bei Zufuhrbeginn gleich dem der Sollzufuhrmenge entsprechenden Tastverhältnis ist;

Fig. 11 ein Flußdiagramm des Revidiervorgangs der Kalibrierkurve während der Zufuhrsteuerung des Pulvers in der Pulverzufuhrvorrichtung entsprechend der zweiten Ausführungsform;

Fig. 12 eine Kurve, die den Zufuhrsteuerzustand in der Pulverzufuhrvorrichtung der zweiten Ausführungsform zeigt; und

Fig. 13 eine Kurve, die den Zufuhrsteuerzustand in der herkömmlichen Pulverzufuhrvorrichtung zeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Eine detaillierte Beschreibung der ersten Ausführungsform erfolgt im folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen. Der Aufbau der Pulverzufuhrvorrichtung entsprechend der ersten Ausführungsform ist in Fig. 1 dargestellt.

Der Vibrator 10 ist ein Ultraschallmotor vom sogenannten Lineartyp; zwei flache ringförmige piezoelektrische Elemente 1 sind unter Zwischenanordnung einer in der Figur nicht dargestellten Elektrode übereinandergestapelt und zwischen einem etwa zylindrischen Metallhorn 2a und einem etwa hohlzylindrischen metallischen Rückhorn 2b angeordnet. Der Vibrator 10 ist mittels einer Schraube 3 an einem Befestigungsbauteil 4 befestigt, die an einem Ende an dem Horn 2a befestigt ist, und durch ein Durchgangsloch gesteckt ist, das sich durch das Rückhorn 2b und das piezoelektrische Element 1 zentral erstreckt.

Das Ende 2c des Horns 2a ist doppelt abgeflacht und mit einem Durchgangsloch 2d versehen, in das ein Rohr eingesetzt ist, wie nachfolgend beschrieben.

Ein Pulverzufuhrrohr 20, in dessen innerem Teil sich das Pulver bewegt, ist in das Durchgangsloch 2d eingesetzt und daran befestigt. Das in der Figur linksseitige Ende 21 des Pulverzufuhrrohrs 20 ist leicht abwärts gebogen, um zu unterstützen, daß das von der rechten Seite der Figur her zugeführte Pulver P aus dem Ende 21 des Rohrs 20 herausgelangt.

Das andere Ende 22 des Rohrs 20, rechtsseitig in der Figur, ist leicht aufwärts gebogen, um zu unterstützen, daß das von dem Trichterkörper 30 her zugeführte Pulver P sich gemäß der Figur nach links bewegt.

Der Vorratstrichterkörper 30 ist vorgesehen, um das Pulver P zu speichern und langsam dem Rohr 20 zuzuführen, wobei der Boden 31 eine trichterförmige Gestalt hat. Mit dem Boden 31 ist eine Leitung bzw. ein Rohr 32 verbunden, dessen anderes Ende mit dem Ende 22 des Pulverzufuhr-

rohrs 20 verbunden ist. Entsprechend wird das in den Trichterkörper 30 geladene Pulver P durch das Rohr 32 hindurch dem Rohr 20 zugeführt. Das Rohr 32 besteht aus flexiblem Material und ist derart ausgebildet, daß es die Schwingung des Vibrators 10 nicht unterdrückt; in der vorliegenden Ausführungsform wird ein Nylonrohr verwendet.

Fig. 2 zeigt das Ergebnis der Messung der Eingangsimpedanzfrequenzcharakteristik des Vibrators 10, gemessen mittels eines Impedanzanalysators. Aus diesem Ergebnis ist ersichtlich, daß die Resonanzfrequenz f_r des Vibrators 10 etwa 29,4 kHz beträgt. Der Antrieb mit dieser Resonanzfrequenz f_r erzeugt eine große Schwingung. Der Antrieb mit einer von der Resonanzfrequenz verschiedenen Frequenz, einer Nicht-Resonanzfrequenz, erzeugt dagegen kaum eine Schwingung, da die Antriebsenergie aufgrund der hohen Impedanz nicht eindringen kann. Bei der ersten Ausführungsform wird der Antrieb des Vibrators 10 AN/AUS geschaltet, indem abwechselnd die Resonanzfrequenz und die Nicht-Resonanzfrequenz angelegt wird. Der Vibrator 10 kann dabei AN/AUS geschaltet werden, selbst in einem Fall, in dem die Treiberspannung nicht an dem Vibrator 10 liegt, in der Periode, während der die Nicht-Resonanzfrequenz anliegt.

Die Vibration wird für den Fall beschrieben, daß der Vibrator 10 mit der Resonanzfrequenz vibriert bzw. schwingt.

Die Vibration des piezoelektrischen Elements 1 mit der Resonanzfrequenz verursacht die Dehnungs-Schrumpfungs-Verformung des piezoelektrischen Elements 1, und der Vibrator 10 führt eine Biegeschwingung aus, wie in Fig. 3 dargestellt. Diese Biegeschwingung ist die resultierende Bewegung der Dehnungs-Schrumpfbewegung in der senkrechten Richtung in der Figur (Längsschwingung) und der Biegeschwingung in der waagrechten Richtung in der Figur (Biegeschwingung).

Ein Zyklus dieser Vibration bzw. Schwingung wird im Detail in Fig. 4 beschrieben. Zum leichteren Verständnis der Bewegung des Endes (des unteren Endes in der Figur) ist das Ende mit einem schwarzen Punkt in der Mitte in Fig. 4 markiert. Zunächst bei $t=0$ (Fig. 4(a)) wird das Ende (schwarzer Punkt) so gebogen, daß es sich nach rechts bewegt. Dann nach $1/4$ Zyklus bei $t=\pi/2$ (Fig. 4(b)) schrumpft der Vibrator 10 und das Ende (schwarzer Punkt) bewegt sich nach oben. Bei $t=\pi$ (Fig. 4(c)) ist das Ende (schwarzer Punkt) so gebogen, daß es sich zur linken Seite bewegt. Nach dem weiteren $1/4$ Zyklus bei $t=3\pi/2$ (Fig. 4(d)) ist der Vibrator 10 gedehnt und das Ende (schwarzer Punkt) bewegt sich zur linken Seite der Figur. Entsprechend zeigt die Spur des schwarzen Punktes während eines Zyklus eine elliptische Bewegung, wie in Fig. 4 dargestellt.

An diesem Ende ist deshalb ein Rohr befestigt, dem Pulver zugeführt wird; das Pulver wird dann mit schwimmender bzw. schwebender Bewegung nach links beschleunigt und nach links bewegt.

Weiter wird die Zufuhrmenge (vorbestimmte Zufuhrmenge) des Pulvers P eingestellt, indem die Periode bzw. Zeitdauer verändert wird, in der der Vibrator mit der Resonanzfrequenz betrieben wird, das heißt das Tastverhältnis. Dabei wird das Gewicht des Pulvers P in dem Trichterkörper 30 mittels der Wägezelle bzw. Kraftmeßdose erfaßt und das Ausgangssignal aus der Kraftmeßdose wird auf das Mikrocomputersystem rückgekoppelt. Auf Basis des Rückkopplungssignals berechnet das Mikrocomputersystem das Steuersignal, um das Tastverhältnis zu optimieren, und das Steuersignal wird an die Treiberschaltung gegeben. Die Treiberschaltung beaufschlagt den Vibrator 10 für die dem Tastverhältnis entsprechende Zeitdauer mit der Treiberspannung, wodurch die vorbestimmte Zufuhrmenge und die aktuelle Zufuhrmenge des Pulvers P gesteuert wird. Bei der er-

sten Ausführungsform wirkt das Mikrocomputersystem als die Anlageeinrichtung, die Zufuhrkalibriereinrichtung, die Kalibrierkurvenenerzeugungseinrichtung, die Tastverhältnisberechnungseinrichtung, die Antriebseinrichtung und die Rückkopplungseinrichtung, gemäß den Patentansprüchen.

In der Steuervorrichtung der herkömmlichen Pulverzufuhrvorrichtung kann, wie in Fig. 13 dargestellt, die aktuelle Zufuhrmenge nicht auf die Sollzufuhrmenge Q_T stabilisiert werden, bis vom Beginn der Pulverzufuhr die Zeitdauer T_2 (mehrere Sekunden) vergeht. Daher kann das Pulver während einer kurzen Zeitdauer, beispielsweise einige Sekunden vom Beginn der Pulverzufuhr an, nicht mit hoher Genauigkeit gesteuert werden. Dies liegt daran, daß die Zufuhrsteuerung des Pulvers, bis die aktuelle Zufuhrmenge die Sollzufuhrmenge Q_T erreicht, durchgeführt wird, indem das Tastverhältnis jedesmal wenn die Pulverzufuhr geschieht, allmählich vergrößert wird.

Bei der ersten Ausführungsform wird zu Beginn der Pulverzufuhr die Kalibrierkurve verwendet, die aus der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erhalten wird, die normalerweise während des Rückkopplungssteuerbereiches T (später erläutert) geschieht, wodurch das Pulver P unmittelbar vom Beginn der Pulverzufuhr an mit der Sollzufuhrmenge zugeführt wird. Auf diese Weise kann die Pulverzufuhr während einer kurzen Zeitdauer (einige Sekunden) vom Beginn der Pulverzufuhr an mit hoher Genauigkeit erfolgen.

Das Steuerverfahren der Pulverzufuhrvorrichtung wird anhand der Fig. 6-10 beschrieben. Zunächst wird unter Bezugnahme auf die Fig. 6 und 7 die Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung beschrieben. Fig. 6 zeigt das Flußdiagramm der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung und Fig. 7 zeigt die mit der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erhaltenen Kalibrierkurven. Die Kalibrierkurven werden in einem in dem Mikrocomputersystem enthaltenen Speicher gespeichert. Die Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung bedeutet den Vorgang, daß auf Basis einer Beziehung zwischen dem Tastverhältnis und der aktuellen Zufuhrmenge einer Art von Pulver eine Kurve erzeugt wird.

Gemäß Fig. 6 wird in Stufe 1 (nachfolgend als "S" bezeichnet) das Tastverhältnis auf 100 % eingestellt. In S2 wird das vorhandene Gewicht des Pulvers P in dem Trichterkörper 30 mittels der Wägezelle bzw. Meßdose gemessen und in dem Speicher gespeichert.

Der in S2 durchgeführte Vorgang wird unter Bezugnahme auf Fig. 8 erläutert. Fig. 8 zeigt die Gewichtskalibrierungskurve, die vor Verwendung der Pulverzufuhrvorrichtung erzeugt wird. Diese Gewichtskalibrierungskurve gibt eine Beziehung zwischen den Ausgangsspannungswerten V_1, V_2, \dots aus der Meßdose und den Gewichtswerten Q_1, Q_2 an. Wenn die Ausgangsspannungswerte in das Mikrocomputersystem eingegeben werden, berechnet das Mikrocomputersystem die Gewichtswerte, basierend auf den Ausgangsspannungswerten, entsprechend der Gewichtskalibrierlinie und speichert sie in dem Speicher. In S3 beginnt die Pulverzufuhr durch Oszillation des Vibrators 10 mit einem Tastverhältnis. Dabei ist selbstverständlich dieses Tastverhältnis in dem Speicher gespeichert.

Das vorstehende Tastverhältnis ist in diesem Fall vorbestimmt. In Fig. 7 entspricht das vorbestimmte Tastverhältnis den Werten X_1, X_2, \dots , das konkret einen Wert von 20% bzw. 40%, ... hat.

Anschließend wird in S4 festgestellt, ob seit dem Start der Pulverzufuhr 10 Sekunden vergangen sind. Wenn festgestellt wird, daß 10 Sekunden vergangen sind (S4: JA) schaltet der Vorgang zu S5 weiter. Wenn dagegen festgestellt wird, daß 10 Sekunden noch nicht vergangen sind (S4: NEIN), wird das Pulver kontinuierlich mit dem vorbestimmten Tastverhältnis gemäß S3 weiter zugeführt.

In S5 wird das Gewicht des Pulvers im Trichterkörper 30 von der Meßdose erfaßt und der festgestellte Gewichtswert wird im Speicher gespeichert. Der Vorgang in S5 läuft ähnlich ab wie der gleiche Vorgang in S2. In S6 wird eine Gewichtsänderung je Zeiteinheit (Sekunde) berechnet, das heißt, die aktuelle Zufuhrmenge (g/sec), basierend auf dem in S2 erhaltenen Gewichtswert und dem in S5 erhaltenen Gewichtswert, und die aktuelle Zufuhrmenge wird in dem Speicher gespeichert. Wie aus dem Vorstehenden verständlich, entspricht der Vorgang in S6 der Kalibrierkurvenenerzeugungseinrichtung.

In S7 wird festgestellt, ob der Vorgang der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung beendet ist. Wenn "Nein" (S7: NEIN) festgestellt wird, wird das Tastverhältnis in S8 um einen vorbestimmten Wert vermindert und die Vorgänge von S2 bis S6 werden wiederholt. Wenn "JA" (S7: JA) festgestellt wird, erfolgt eine lineare bzw. Linieninterpolation zwischen je zwei entsprechend dem vorstehenden gemessenen Punkten, und die in Fig. 7 gezeigten Kalibrierkurven werden erzeugt.

Das Steuerverfahren der Pulverzufuhr wird unter Bezugnahme auf die Fig. 9 und 10 beschrieben. Fig. 9 zeigt das Zufuhrmuster des Pulvers P und Fig. 10 zeigt die Zufuhrsteuerzustände in der Pulverzufuhrvorrichtung, wobei jeder Zustand durch eine Beziehung zwischen der aktuellen Zufuhrmenge und der Zeit dargestellt ist.

Zunächst wird das in Fig. 9 gezeigte Zufuhrmuster eingestellt. Genauer wird das Zufuhrmuster eingestellt, indem der Anstieg der aktuellen Zufuhrmenge Q_{T1} zu Beginn der Pulverzufuhr, die aktuelle gleichbleibende bzw. Konstantzufuhrmenge Q_{T2} und die Abnahme der aktuellen Zufuhrmenge Q_{T3} am Ende der Pulverzufuhr, die Anstiegszeitdauer T_1 , die Konstantzufuhrzeitdauer t_2 und die Abnahmezeitdauer t_3 festgelegt werden und diese Werte in das Mikrocomputersystem eingegeben werden. Wenn $t_1=t_3=0$ bekommt das Zufuhrmuster gemäß Fig. 3 eine rechteckige Wellen- bzw. Impulsform, und wenn $t_1=t_3>0$ erhält das Zufuhrmuster eine trapezförmige Wellenform. Die an beiden Seiten des Zufuhrmusters ausgebildeten Schrägungen haben folgenden Grund. In dem Fall beispielsweise, daß Legierungspulver geschmolzen wird und das Flachbauteil des Ansaug- und Auslaßventils in einer Maschine produziert wird, sind eine Zufuhrbeginnsposition und eine Zufuhrendposition des Pulvers gegenseitig überlagert, weshalb es notwendig ist, die Pulvermenge in dem überlagerten Teil mit dem anderen Teil zu vereinheitlichen. In Fig. 9 entspricht die von dem Zufuhrmuster umgebene Fläche der totalen Zufuhrmenge des Pulvers.

Zu Beginn der Pulverzufuhr wird beim herkömmlichen Steuerverfahren die Zeitdauer T_2 (mehrere Sekunden) benötigt, bis die aktuelle Zufuhrmenge die Sollzufuhrmenge Q_T erreicht, wie in Fig. 13 dargestellt. Dies liegt daran, daß die Zufuhrsteuerung des Pulvers bis die aktuelle Zufuhrmenge die Sollzufuhrmenge Q_T erreicht, durchgeführt wird, indem das Tastverhältnis jedesmal allmählich vergrößert wird, wenn die Pulverzufuhr geschieht, wodurch sich die aktuelle Zufuhrmenge der Sollzufuhrmenge Q_T annähert. Bei der Pulverzufuhrvorrichtung der ersten Ausführungsform dagegen wird nur die anfängliche Antwortzeit T_1 (kürzer als eine Sekunde) benötigt, bis die aktuelle Zufuhrmenge die Sollzufuhrmenge Q_T erreicht, wie in Fig. 10 dargestellt. Dies wird aufgrund der Tatsache erreicht, daß das der Sollzufuhrmenge entsprechende Tastverhältnis aus der Kalibrierkurve der Fig. 7(a) als das Tastverhältnis zu Beginn der Pulverzufuhr erhalten wird und daß die Pulverzufuhr entsprechend dem erhaltenen Tastverhältnis beginnt.

In Fig. 10 und 13 bedeutet die Zeitdauer T die Periode bzw. die Zeitdauer (Rückkopplungsbereich), während der

die Rückkopplungssteuerung gegen die Sollzufuhrmenge Q_T durchgeführt wird. In diesem Rückkopplungsbereich wird die augenblickliche aktuelle Zufuhrmenge zu einem Zeitpunkt des Rückkopplungssignals auf Basis der Ausgangsspannung der Meßdose berechnet, und das der augenblicklichen aktuellen Zufuhrmenge entsprechende Tastverhältnis wird aus der in Fig. 7(a) gezeigten Kalibrierkurve erhalten, und weiter wird das Pulver entsprechend dem erhaltenen Tastverhältnis zugeführt. Der vorgenannte Vorgang wird wiederholt. Im Ergebnis liegt der Fehler der aktuellen Zufuhrmenge gegenüber der Sollzufuhrmenge Q_T im Rückkopplungsbereich T innerhalb eines Bereiches von $\pm 2\%$, wodurch das Pulver mit hoher Genauigkeit zugeführt werden kann.

In den Fig. 10 und 13 zeigt die durch Diagonalen gekennzeichnete Fläche den Fehler gegenüber der Sollzufuhrmenge Q_T . Es ist ersichtlich, daß das Pulver mit hoher Genauigkeit und innerhalb einer kurzen Zeitdauer zugeführt werden kann, da die vorgenannte Fläche schmaler und schmaler wird.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 10(a), 10(b) und 10(c) wird das Steuerverfahren der ersten Ausführungsform im Detail erläutert. Fig. 10(a) zeigt den Zufuhrzustand in einem Fall, daß die aktuelle Zufuhrmenge Q_A zu Beginn der Pulverzufuhr, das heißt die aktuelle Zufuhrmenge, die aus der auf der Sollzufuhrmenge Q_T basierenden Kalibrierkurve gemäß Fig. 7(a) erhalten wird, größer ist als die Sollzufuhrmenge Q_T . Dieser Zufuhrzustand tritt auf, wenn die Punkte in der Beziehung zwischen der Sollzufuhrmenge und dem Tastverhältnis über der Kalibrierkurve in Fig. 7(a) liegen. Das Tastverhältnis zu Beginn der Pulverzufuhr wird dann größer als das Tastverhältnis X_T ($T=1, 2, 3, \dots$), das der Sollzufuhrmenge Q_T entspricht.

Im Gegensatz zum Fall der Fig. 10(a) zeigt die Fig. 10(b) den Zufuhrzustand in einem Fall, in dem die aktuelle Zufuhrmenge Q_B zu Beginn der Pulverzufuhr kleiner als die Sollzufuhrmenge Q_T ist. Dieser Zufuhrzustand tritt auf, wenn die Punkte in der Beziehung zwischen der Sollzufuhrmenge und dem Tastverhältnis unter der Kalibrierkurve in Fig. 7(a) liegen. Das Tastverhältnis zu Beginn der Pulverzufuhr wird dann kleiner als das Tastverhältnis X_T ($T=1, 2, 3, \dots$), das der Sollzufuhrmenge Q_T entspricht.

Fig. 10(c) zeigt den Zufuhrzustand in einem Fall, daß die aktuelle Zufuhrmenge Q_C zu Beginn der Pulverzufuhr gleich der Sollzufuhrmenge Q_T ist. Dieser Zufuhrzustand tritt auf, wenn die Punkte in der Beziehung zwischen der Sollzufuhrmenge und dem Tastverhältnis auf der Kalibrierkurve der Fig. 7(a) liegen. Das Tastverhältnis zu Beginn der Pulverzufuhr wird dann gleich dem Tastverhältnis X_T ($T=1, 2, 3, \dots$), das der Sollzufuhrmenge Q_T entspricht.

Um die Zufuhrzustände gemäß den Fig. 10(a) und 10(b) an den Zufuhrzustand gemäß Fig. 10(c) anzunähern und dadurch die Zufuhrmenge des Pulvers mit hoher Genauigkeit zu steuern, ist es vorteilhaft, die Anzahl der Meßpunkte des Tastverhältnisses X_1, X_2, \dots bei der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung zu vergrößern.

Wie vorstehend erwähnt, wird bei der Pulverzufuhrvorrichtung der ersten Ausführungsform das der Sollzufuhrmenge Q_T entsprechende Tastverhältnis auf Basis der Kalibrierkurve berechnet, die aus der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung hervorgeht, die vor dem Start der Pulverzufuhr durchgeführt wird, und der Beginn der Pulverzufuhr erfolgt entsprechend dem Tastverhältnis X_T . Die aktuelle Zufuhrmenge kann daher die Sollzufuhrmenge Q_T innerhalb einer kurzen Zeitdauer (innerhalb der Zeit T_1) vom Beginn der Pulverzufuhr an erreichen. Dadurch kann das Pulver P zugeführt werden, während die aktuelle Zufuhrmenge mit hoher Genauigkeit gesteuert wird, und weiter kann das Pulver P

präzise zugeführt werden, selbst in einem Fall einer kurzen Zufuhrdauer von einigen Sekunden.

Im folgenden wird die Pulverzufuhrvorrichtung entsprechend der zweiten Ausführungsform beschrieben. Die Pulverzufuhrvorrichtung der zweiten Ausführungsform hat den gleichen Aufbau wie die erste Ausführungsform. Der charakteristische Punkt der zweiten Ausführungsform liegt darin, daß die aus der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erhaltene Kalibrierkurve bei jeder Pulverzufuhrzeit revidiert wird, basierend auf dem Konstantwert der aktuellen Pulverzufuhrmenge in dem Rückkopplungsbereich während der vorhergehenden Zufuhrzeit.

Das Zufuhrsteuerverfahren der zweiten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf die Fig. 11 und 12 erläutert. Fig. 11 zeigt das Flußdiagramm, wenn der Revidiervorgang der Kalibrierkurve durchgeführt wird, und Fig. 12 zeigt die Kurve, die den Steuerzustand der aktuellen Zufuhrmenge durch eine Beziehung zwischen der aktuellen Zufuhrmenge und der Zeit darstellt.

In Fig. 11 wird in S10 festgestellt, ob der Fehler der aktuellen Zufuhrmenge gegenüber der Sollzufuhrmenge Q_T während der augenblicklichen Zufuhrzeit innerhalb eines Bereiches von $\pm 2\%$ liegt. Oder es wird festgestellt, ob die Zeitdauer bis zur Beendigung der Zufuhrsteuerung 0,5 sec. oder weniger beträgt. Wenn mit "JA" beurteilt wird (S10: JA), wird der Konstantwert der aktuellen Zufuhrmenge in dem Speicher gespeichert und das Verfahren geht zu S12 über. Wenn dagegen die aktuelle Zufuhrmenge innerhalb eines Bereiches von $\pm 2\%$ der Sollzufuhrmenge Q_T (S10: NEIN) liegt oder wenn die Zeitdauer, bis die Zufuhrsteuerung beendet wird, mehr als 0,5 Sekunden beträgt (S10: NEIN), wird das Pulver zugeführt, während die Rückkopplungssteuerung durchgeführt wird.

In S12 wird der Revidierkoeffizient berechnet, indem die aktuelle, in S10 erhaltene Zufuhrmenge mit dem Konstantwert der aktuellen Zufuhrmenge verglichen wird, die während der ersten (vorhergehenden) Zufuhrzeitdauer gemessen wurde. In der Folge wird die Kalibrierkurve der Fig. 7(a), die aus der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erhalten wurde, auf Basis des Revidierkoeffizienten revidiert und die revidierte Kalibrierkurve (in Fig. 7(b) und Fig. 7(c) gezeigt) wird in dem Speicher gespeichert. Danach wird das Tastverhältnis aus der revidierten Kalibrierkurve berechnet und das Tastverhältnis der vorhergehenden Zufuhrzeitdauer wird auf das revidierte Tastverhältnis für die augenblickliche (zweite) Zufuhrzeitdauer neu geschrieben.

In der dritten Zufuhrzeitdauer und danach wird ähnlich dem vorstehenden der Revidierkoeffizient kalkuliert, indem die aktuelle, in S10 gespeicherte Zufuhrmenge mit dem Konstantwert der aktuellen Zufuhrmenge verglichen wird, der in der vorhergehenden (zweiten) Zufuhrzeitdauer erhalten wurde, und die revidierte Kalibrierkurve der Fig. 7(b) oder Fig. 7(c), die in der vorhergehenden (zweiten) Zufuhrzeitdauer revidiert wurde, wird weiter revidiert. Anschließend wird die revidierte Kalibrierkurve im Speicher gespeichert. Ähnlich dem Vorstehenden wird das Tastverhältnis aus der revidierten Kalibrierkurve berechnet und das Tastverhältnis bei der vorhergehenden (zweiten) Zufuhrzeitdauer wird auf das revidierte Tastverhältnis bei der vorhandenen (dritten) Zufuhrzeitdauer umgeschrieben. Das heißt, das Verfahren in S12 entspricht der Koeffizientenberechnungseinrichtung und der Tastverhältnisberechnungseinrichtung.

Nachdem der Vorgang in S12 ausgeführt wurde, wird in S13 festgestellt, ob die nächste Pulverzufuhr angewiesen wird oder nicht. Wenn "JA" (S13: JA) festgestellt wird, geht das Verfahren auf S10 über; danach werden die gleichen Vorgänge S10-S12 ausgeführt. Wenn mit "NEIN" (S13:

NEIN) geurteilt wird, geht das Verfahren in S13 auf Stand-by und die Zufuhrsteuerung endet unter der Stand-by Bedingung.

Entsprechend der vorstehend beschriebenen Zufuhrsteuerung entwickelt sich die aktuelle Zufuhrmenge wie in Fig. 12 gezeigt. Das heißt, die aktuelle Zufuhrmenge Q_D wird zu Beginn der Pulverzufuhr im wesentlichen gleich der Sollzufuhrmenge Q_T . Weiterhin wird, ähnlich der ersten Ausführungsform, das Tastverhältnis zu Beginn der Pulverzufuhr aus der Kalibrierkurve (in Fig. 7(a), 7(b) oder 7(c) gezeigt) entsprechend der Sollzufuhrmenge Q_T erhalten, und das Pulver wird von Beginn an auf Basis des erhaltenen Tastverhältnisses zugeführt. Daher wird nur die anfängliche Antwortzeit T_1 (kürzer als eine Sekunde) benötigt, bis die aktuelle Zufuhrmenge gleich der Sollzufuhrmenge Q_T wird. Im Ergebnis wird, wie in Fig. 12 dargestellt, der Fehler gegenüber der Sollzufuhrmenge Q_T klein, wodurch das Pulver zu Beginn der Pulverzufuhr mit hoher Genauigkeit zugeführt werden kann. Nachdem die aktuelle Zufuhrmenge gleich der Sollzufuhrmenge Q_T wird, wird die Rückkopplungssteuerung wie in der ersten Ausführungsform in dem Rückkopplungsbereich T durchgeführt, weshalb der Fehler der aktuellen Zufuhrmenge gegenüber der Sollzufuhrmenge Q_T innerhalb eines Bereiches von $\pm 2\%$ gehalten werden kann, und es verständlich ist, daß das Pulver genau zugeführt wird.

Wie vorstehend erläutert, wird bei der Pulverzufuhrvorrichtung der zweiten Ausführungsform das der Sollzufuhrmenge Q_T entsprechende Tastverhältnis X_T auf Basis der Kalibrierkurve errechnet, die aus der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erhalten wird, die vor Verwendung der Pulverzufuhrvorrichtung durchgeführt wird, und das Pulver P wird zu Beginn mit dem Tastverhältnis X_T zugeführt. Daher kann die aktuelle Zufuhrmenge unmittelbar innerhalb der anfänglichen Antwortzeit T_1 vom Beginn der Pulverzufuhr an die Sollzufuhrmenge Q_T erreichen, wodurch das Pulver P zugeführt werden kann, während die aktuelle Zufuhrmenge mit hoher Genauigkeit gesteuert wird und das Pulver P kann genau zugeführt werden, selbst in dem Fall einer kurzzeitigen Zufuhr für einige Sekunden.

Weiter wird bei der zweiten Ausführungsform die durch die Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung erhaltene Kalibrierkurve bei jeder Zufuhrzeit auf Basis des Konstantwertes der aktuellen Zufuhrmenge während des Rückkopplungsbereiches T in der vorübergehenden Zufuhrzeit revidiert, und das der Sollzufuhrmenge Q_T entsprechende Tastverhältnis Q_T wird entsprechend der revidierten Kalibrierkurve berechnet; danach beginnt die Zufuhr des Pulvers P mit dem berechneten Tastverhältnis X_T . Die aktuelle Zufuhrmenge Q_D kann auf diese Weise konstant gleich der Sollzufuhrmenge Q_T sein, wodurch der Fehler gegenüber der Sollzufuhrmenge Q_T minimal sein kann und das Pulver mit hoher Genauigkeit zugeführt werden kann.

Weiter wird die Kalibrierkurve bei jeder Pulverzufuhr flexibel revidiert, und auf diese Weise ist es nicht notwendig, die Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung bei jeder Zufuhrzeit durchzuführen, selbst wenn die Strömungscharakteristik des Pulvers sich aufgrund von Änderungen der Eigenschaften oder Lose des Pulvers ändert, indem die Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung nur durchgeführt wird, bevor die Pulverzufuhrvorrichtung verwendet wird. Entsprechend kann die Effizienz der Pulverzufuhr verbessert werden.

Die Erfindung wurde zwar unter Bezugnahme auf ihre bevorzugten Ausführungsformen gezeigt und beschrieben; für den Fachmann ist es jedoch klar, daß Modifizierungen und Abänderungen durchgeführt werden können, ohne vom Erfindungsgedanken abzuweichen. Obwohl bei den Pulverzufuhrvorrichtungen die ersten und zweiten Ausführungsformen der Ultraschallmotor mit dem piezoelektrischen Ele-

ment als Antriebsquelle verwendet wird, kann beispielsweise die Erfindung in einem weiten Anwendungsgebiet für Vorrichtungen angewendet werden, in denen es notwendig ist, den anfänglichen Antrieb des Aktuators mittels des Tastverhältnisses zu steuern. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung für eine Ausgangssteuerung bzw. -regelung von Ultraschallbearbeitungsmaschinen verwendet werden, wie ein Ultraschallschweißgerät, wie es zum Schweißen oder Bearbeiten von Kunststoffen verwendet wird.

Patentansprüche

1. Steuervorrichtung für eine Pulverzufuhrvorrichtung, enthaltend
einen Vibrator (10) mit einem oberen Ende, das mit elliptischer Bewegung oszilliert, wenn eine Treiberspannung mit einer Resonanzfrequenz anliegt,
eine Pulverzufuhrbahn (20), die an einem oberen Ende des Vibrators (10) befestigt ist,
einen Pulverspeichertrichter (30) zum Zuführen des Pulvers zu der Pulverzufuhrbahn,
eine Anlageeinrichtung zum Anlegen der Resonanzfrequenz an den Vibrator (10) entsprechend einem Tastverhältnis der Treiberspannung, und
eine Gewichtssensoreinrichtung zum Erfassen des Gewichts des Pulvers in dem Pulverspeichertrichter, welche Steuervorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, daß sie enthält:
eine Zufuhrkalibriereinrichtung zum Durchführen einer Zufuhrkalibrierung, bevor die Pulverzufuhrvorrichtung verwendet wird;
eine Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung zum Erzeugen einer auf der Zufuhrkalibrierung basierenden Kalibrierkurve und zum Speichern der Kalibrierkurve;
eine Tastverhältnissberechnungseinrichtung zum Berechnen des Tastverhältnisses entsprechend einer voreingestellten Soll-Zufuhrmenge, basierend auf der von der Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung hergestellten Kalibrierkurve; und
eine Antriebsvorrichtung zum Starten des Antriebs des Vibrators, basierend auf dem von der Tastverhältnissberechnungseinrichtung berechneten Tastverhältnis, bis eine Zufuhrmenge an Pulver die Soll-Zufuhrmenge erreicht.
2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Vibrator (10) einen Ultraschallmotor enthält.
3. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Pulverbahn (30) ein Pulverzufuhrrohr aufweist, das aus einem Nylonrohr gebildet ist.
4. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Resonanzfrequenz auf etwa 29,4 kHz eingestellt ist.
5. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Gewichtssensoreinrichtung eine Meßdose enthält.
6. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Kalibrierkurve erzeugt wird, indem Punkte der Zufuhrmenge je Zeiteinheit gemessen werden, die mehr als zwei Werten des Tastverhältnisses entsprechen, und anschließend eine Linieninterpolation zwischen den Punkten durchgeführt wird.
7. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei einige Sekunden benötigt werden, bis die Zufuhrmenge die Soll-Zufuhrmenge erreicht.
8. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, weiter enthaltend eine Rückkoppeleinrichtung zum Rückkoppeln eines Ausgangssignals von der Gewichtssensoreinrichtung, nachdem die Zufuhrmenge die Soll-Zufuhrmenge erreicht, und eine Zufuhrmengenberechnungseinrichtung zum Berechnen einer augenblicklichen Zufuhr-

menge, basierend auf dem Ausgangssignal.

9. Steuervorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Tastverhältnisberechnungseinrichtung das Tastverhältnis der augenblicklichen Zufuhrmenge entsprechend, basierend auf der Kalibrierkurve, berechnet, und die Anlegeeinrichtung die Resonanzfrequenz an den Vibrator entsprechend dem berechneten Tastverhältnis anlegt. 5
10. Steuervorrichtung nach Anspruch 9, wobei ein Fehler der augenblicklichen Zufuhrmenge während eines Rückkopplungssteuerbereiches innerhalb eines Bereiches von $\pm 2\%$ gegenüber der Soll-Zufuhrmenge liegt. 10
11. Steuervorrichtung für eine Pulverzufuhrvorrichtung, enthaltend
einen Vibrator (10) mit einem oberen Ende, das mit einer elliptischen Bewegung oszilliert, wenn eine Treiberspannung mit einer Resonanzfrequenz anliegt, eine Pulverzufuhrbahn (20), die an dem oberen Ende des Vibrators (10) befestigt ist, einen Pulverspeichertrichter (30) zum Zuführen des Pulvers zu der Pulverzufuhrbahn (20), eine Anlegeeinrichtung zum Anlegen der Resonanzfrequenz an den Vibrator (10) entsprechend einem Tastverhältnis der Treiberspannung, eine Gewichtssensoreinrichtung zum Erfassen des Gewichts des Pulvers in dem Pulverspeichertrichter (30), wobei die Steuervorrichtung die Pulverzufuhrvorrichtung in einem anfänglichen Zufuhrsteuerbereich steuert und nach dem anfänglichen Steuerbereich in einem Rückkopplungssteuerbereich steuert, welche Steuervorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, daß sie enthält:
eine Zufuhrkalibriereinrichtung zum Durchführen einer Zufuhrkalibrierung, bevor die Pulverzufuhrvorrichtung verwendet wird; 35
eine Kalibrierkurvenerzeugungseinrichtung zum Herstellen einer auf der Kalibrierung der Zufuhrvorrichtung basierenden Kalibrierkurve, und zum Speichern der Kalibrierkurve;
eine Messeinrichtung zum Messen eines Konstantwertes der Zufuhrmenge in dem Rückkopplungssteuerbereich, bei der vorhergehenden Zufuhrzeit;
eine Koeffizientenberechnungseinrichtung zum Berechnen eines Revidierkoeffizienten durch Vergleichen des Konstantwertes mit einer Zufuhrmenge zur gegenwärtigen Zufuhrzeit; 45
eine Revidiereinrichtung zum Revidieren der Kalibrierkurve entsprechend dem Revidierkoeffizienten;
eine Tastverhältnisberechnungseinrichtung zum Berechnen des Tastverhältnisses entsprechend einer voreingestellten Soll-Zufuhrmenge, basierend auf der von der Revidiereinrichtung revidierten Kalibrierkurve; und
eine Antriebseinrichtung zum Starten des Antriebs des Vibrators (10), basierend auf dem von der Tastverhältnisberechnungseinrichtung berechneten Tastverhältnis bis die Zufuhrmenge des Pulvers die Soll-Zufuhrmenge erreicht. 55
12. Steuervorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Kalibrierkurve erzeugt wird, indem Punkte der Zufuhrmenge je Zeiteinheit gemessen werden, die mehr als zwei Werten des Tastverhältnisses entsprechen und anschließend eine Linieninterpolation zwischen den Punkten durchgeführt wird. 60
13. Steuervorrichtung nach Anspruch 11, wobei es mehrere Sekunden dauert, bis die Zufuhrmenge die Soll-Zufuhrmenge wird. 65
14. Steuervorrichtung nach Anspruch 11, weiter ent-

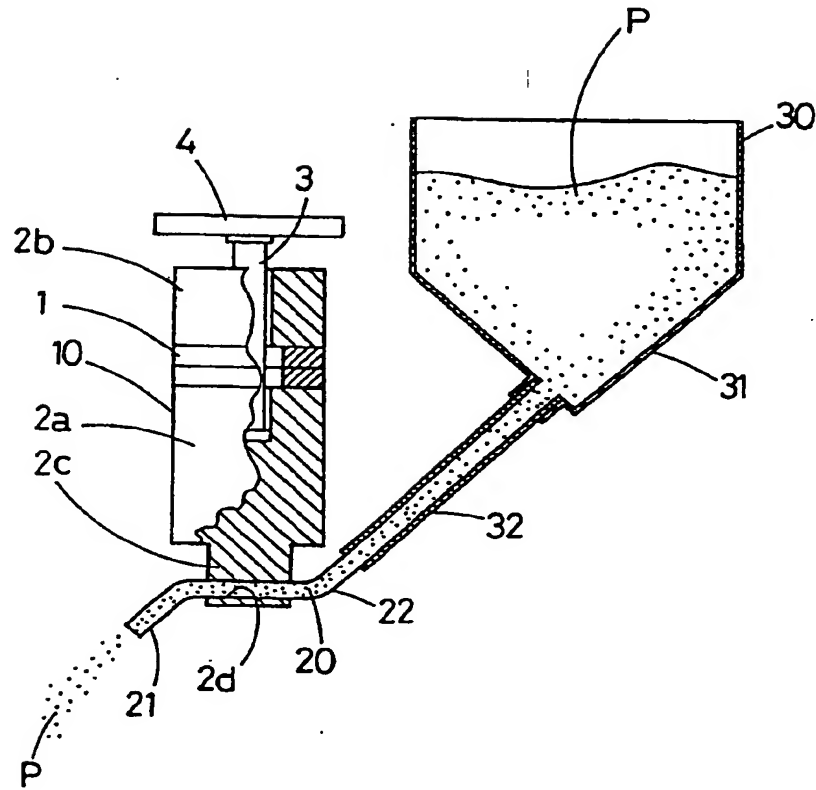
haltend eine Rückkoppelvorrichtung zum Rückkoppeln eines Ausgangssignals der Gewichtssensoreinrichtung, nachdem die Zufuhrmenge die Soll-Zufuhrmenge erreicht, und eine Zufuhrmengenberechnungseinrichtung zum Berechnen einer augenblicklichen Zufuhrmenge, basierend auf dem Ausgangssignal.

15. Steuervorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Tastverhältnisberechnungseinrichtung das Tastverhältnis entsprechend der augenblicklichen Zufuhrmenge, basierend auf der revidierten Kalibrierkurve, berechnet und die Anlegeeinrichtung die Resonanzfrequenz an den Vibrator (10) entsprechend dem berechneten Tastverhältnis anlegt.

16. Steuervorrichtung nach Anspruch 14, wobei ein Fehler der augenblicklichen Zufuhrmenge während eines Rückkopplungssteuerbereiches innerhalb eines Bereiches von $\pm 2\%$ gegenüber der Soll-Zufuhrmenge liegt.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1



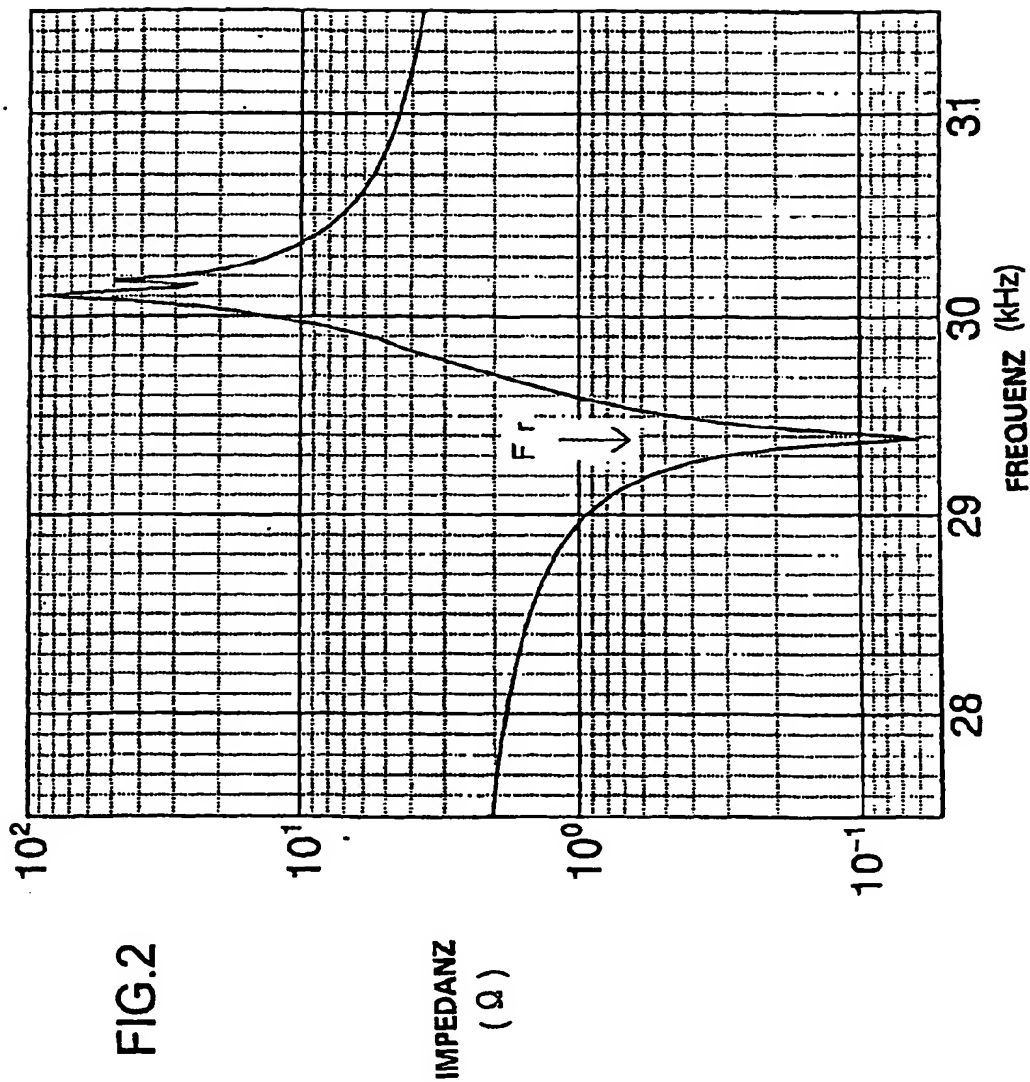


FIG.3

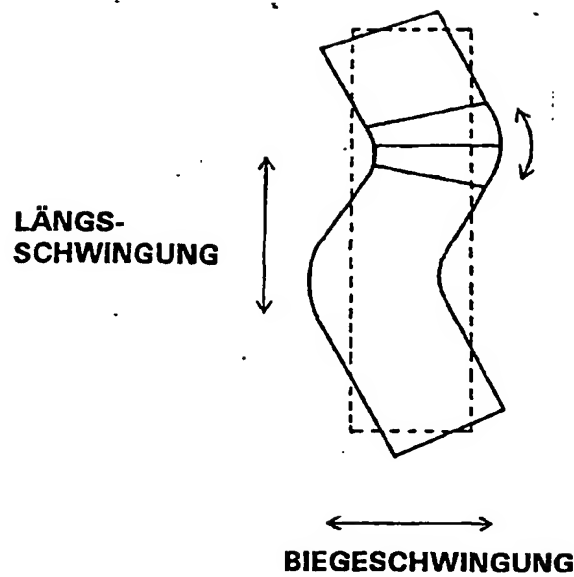


FIG.4(a)



$t = 0$

FIG.4(b)



$t = \frac{1}{2} \pi$

FIG.4(c)



$t = \pi$

FIG.4(d)



$t = \frac{3}{2} \pi$

FIG.5

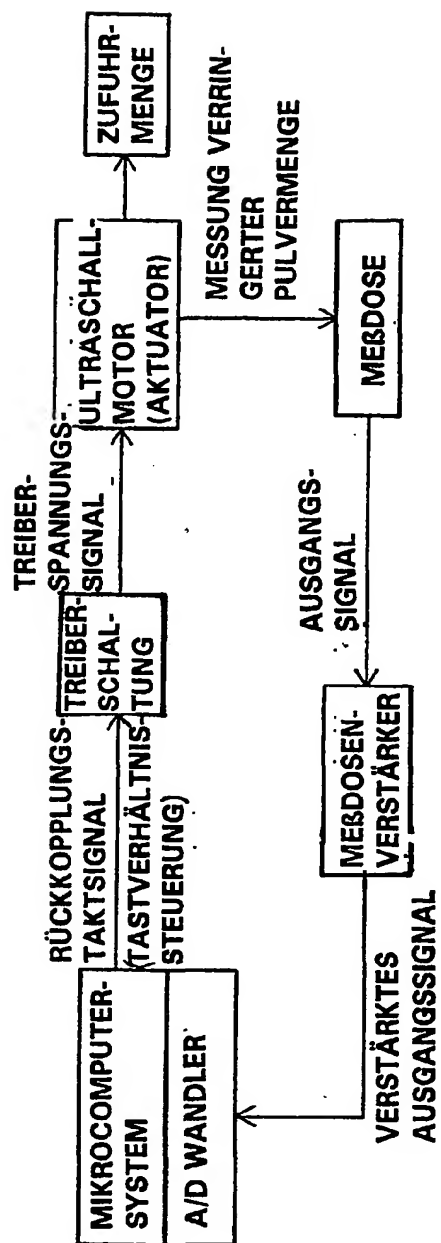


FIG.6

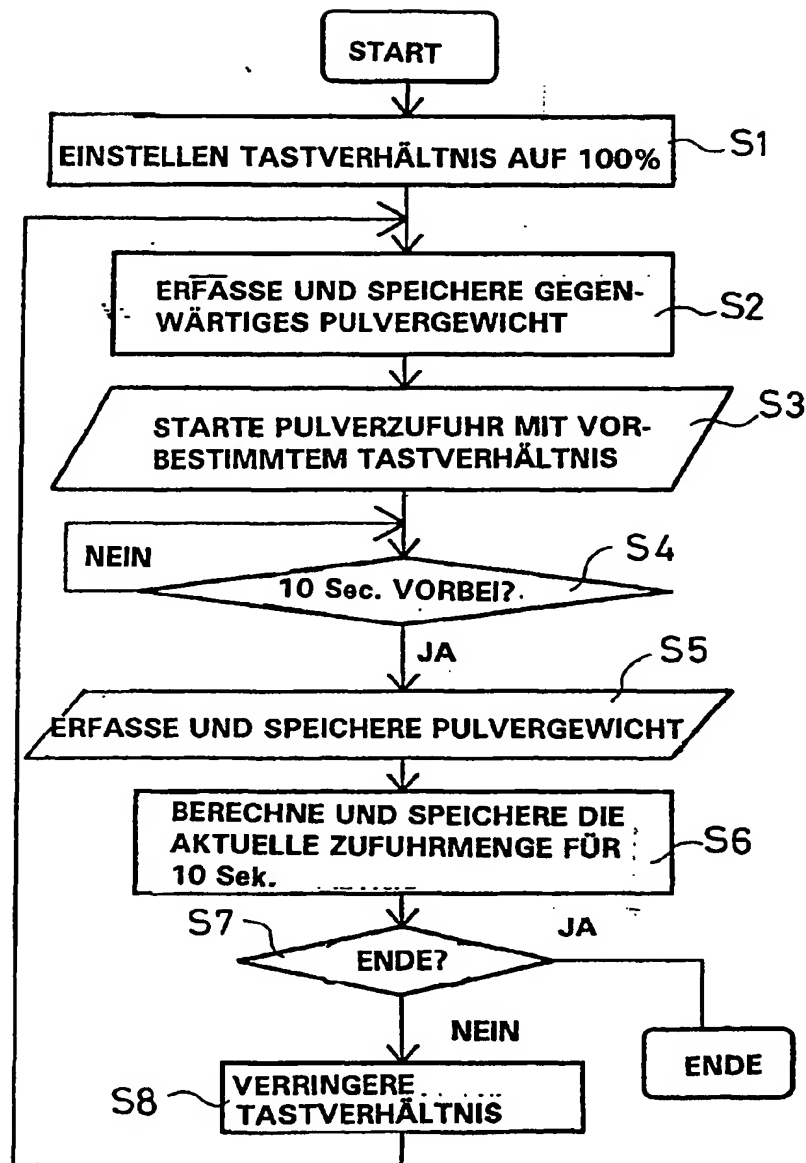


FIG.7

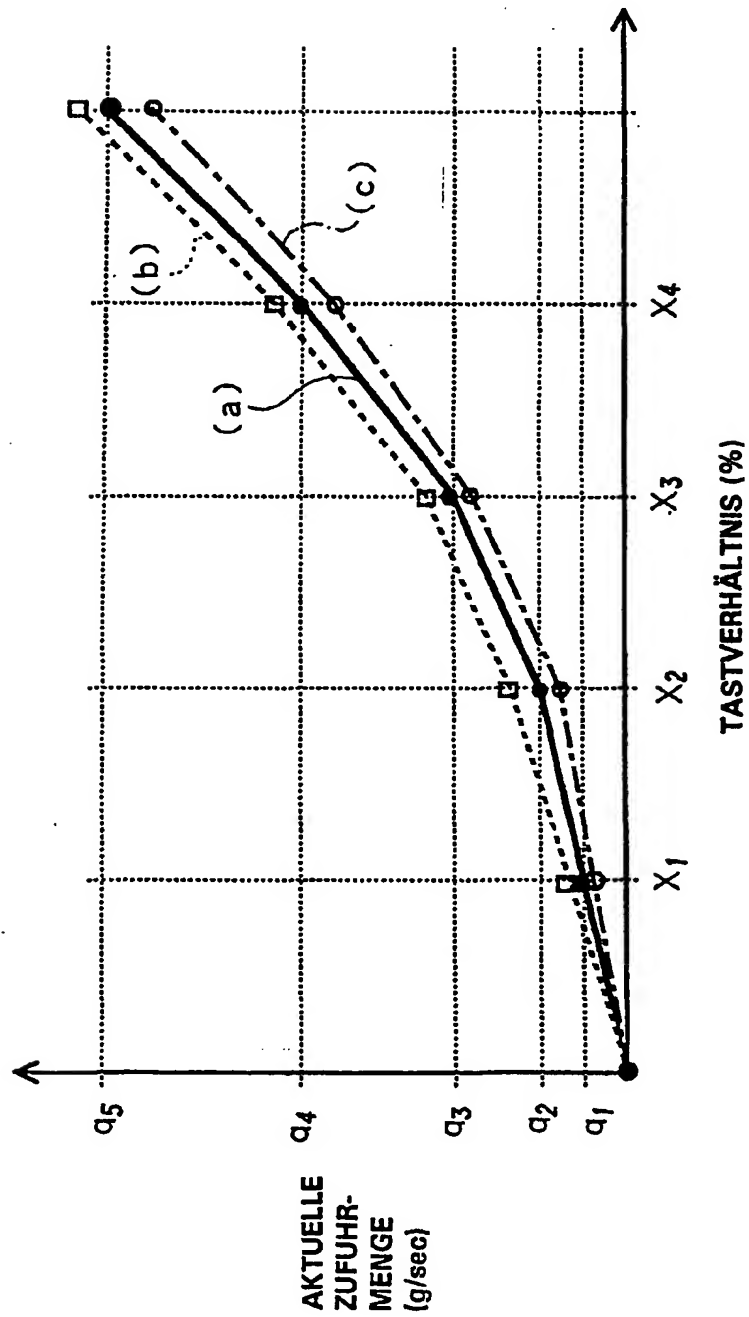


FIG.8

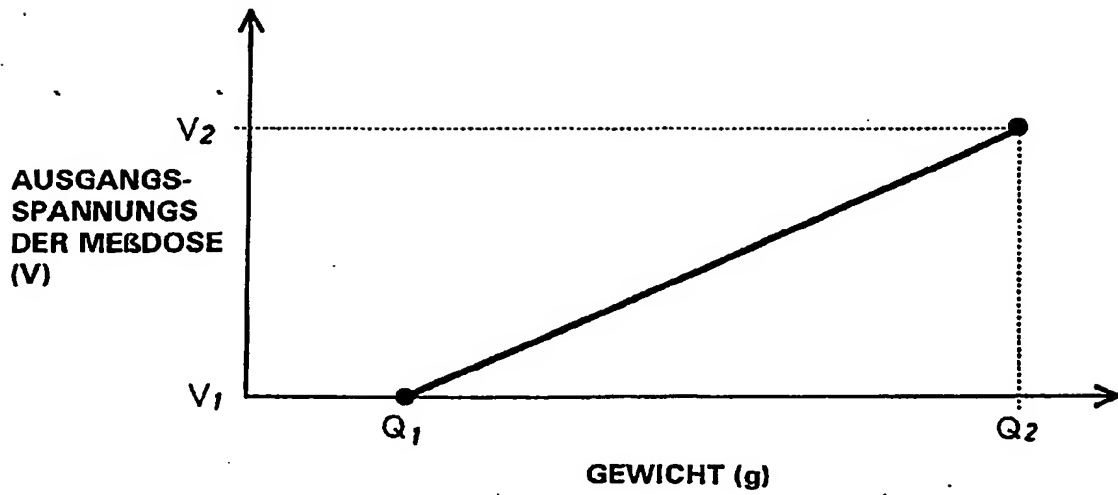


FIG.9

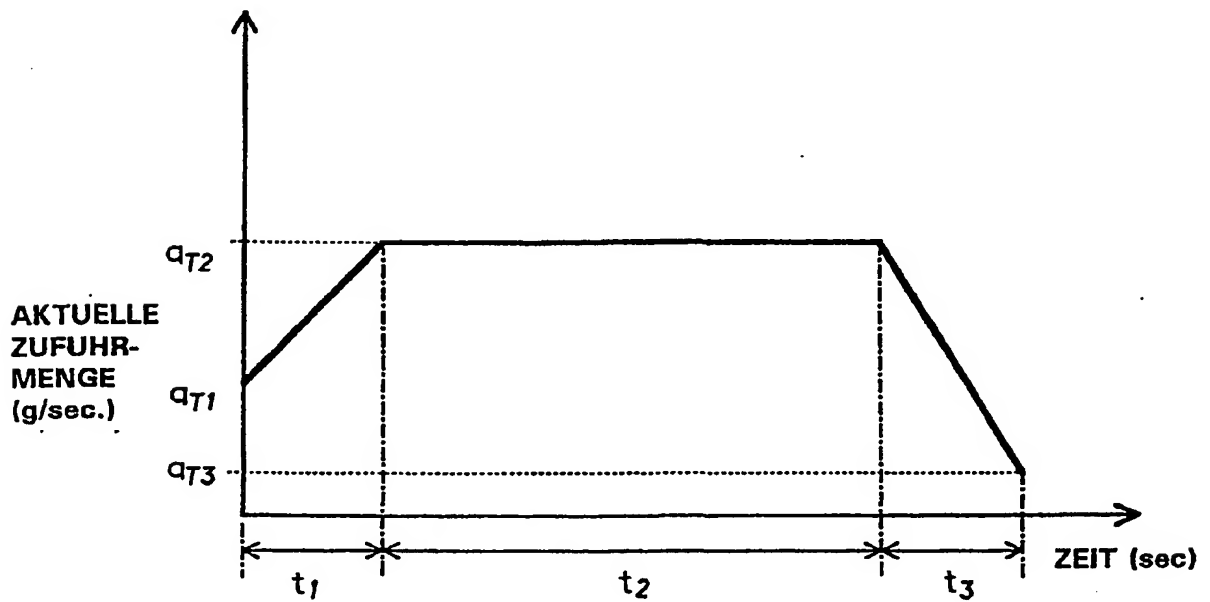


FIG.10(a)

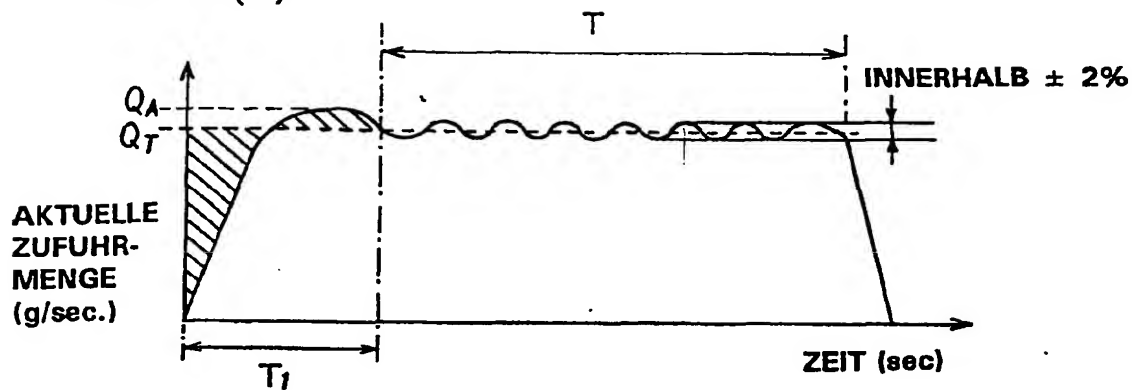


FIG.10(b)

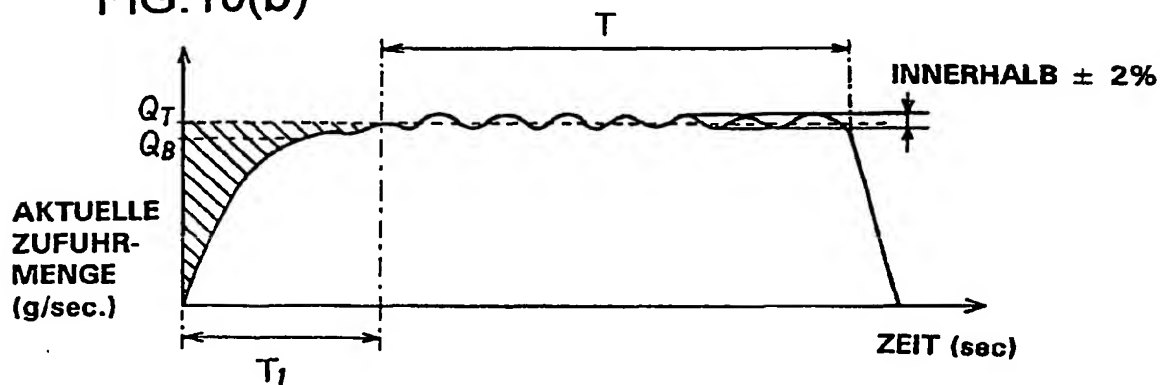


FIG.10(c)

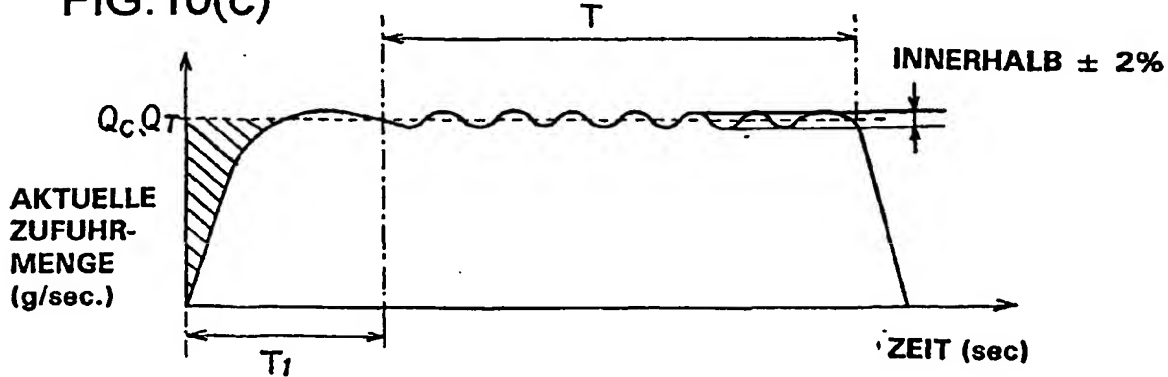


FIG.11

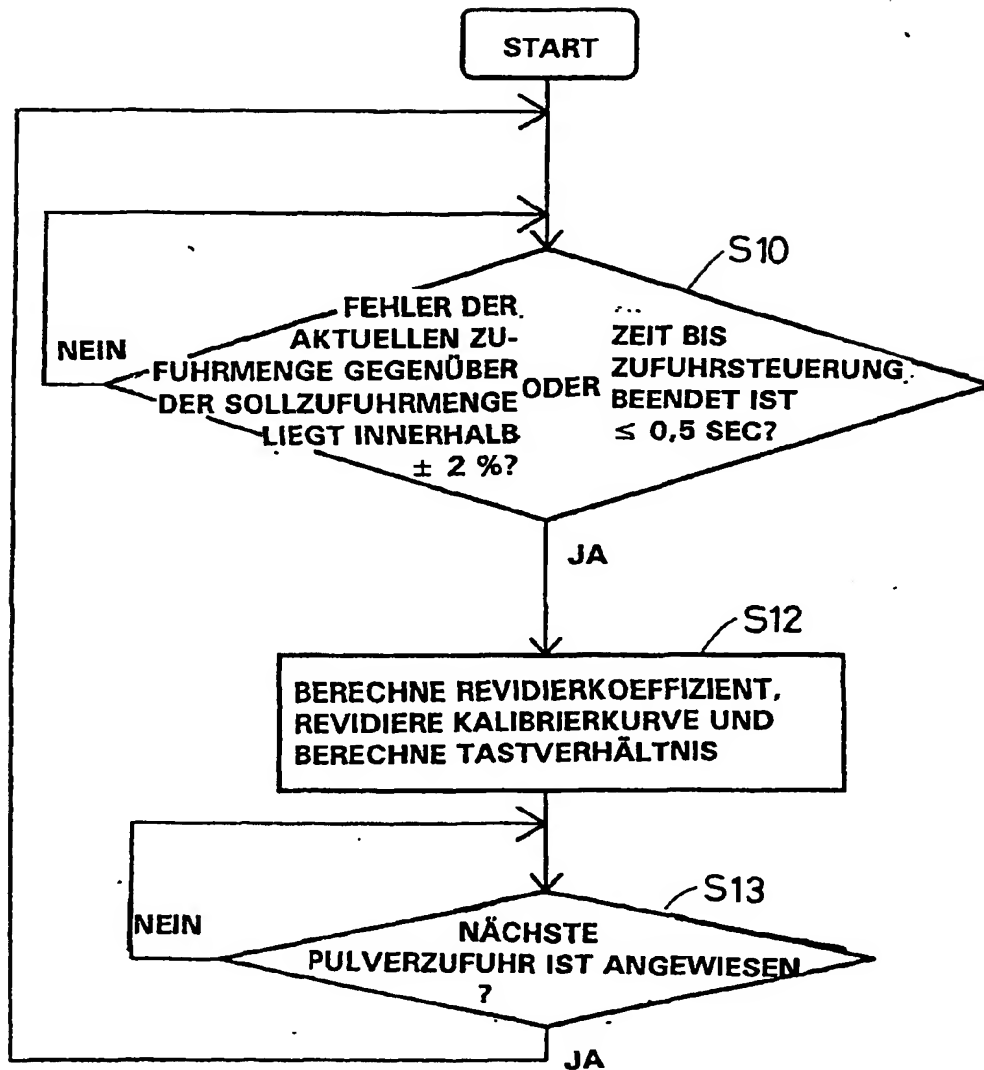


FIG.12

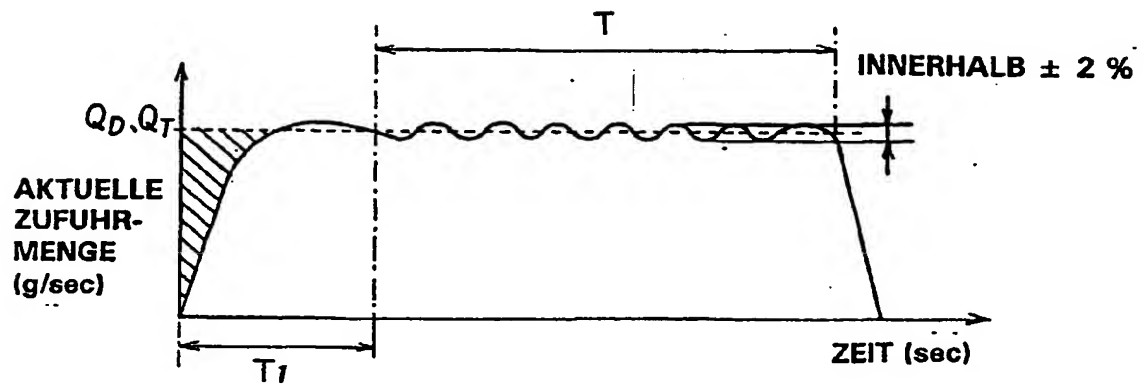
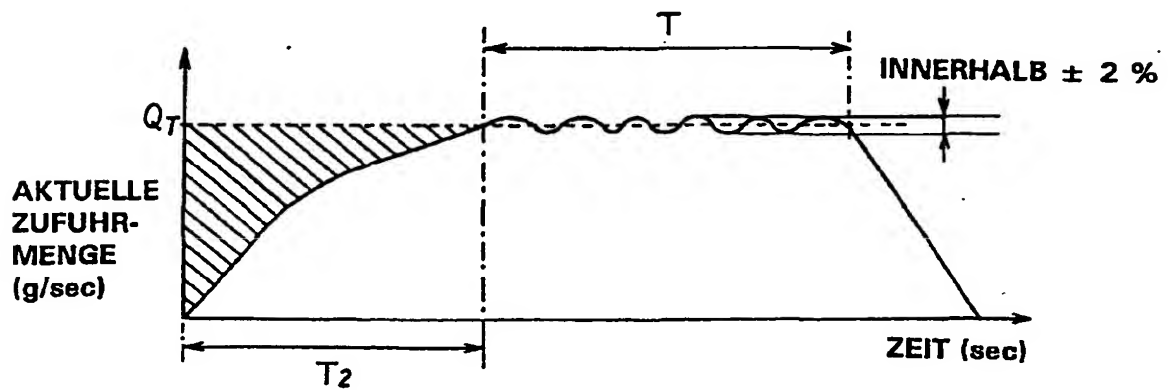


FIG.13



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.